



## Exemple d'EPI au collège : l'évolution des glaciers

Stephanie Dewyspelaere, Maëlle Nodet, Jérôme Charton, Philippe Garat,  
Frédérique Letué, Caroline Pès, Véronique Wales

### ► To cite this version:

Stephanie Dewyspelaere, Maëlle Nodet, Jérôme Charton, Philippe Garat, Frédérique Letué, et al.. Ex-  
emple d'EPI au collège : l'évolution des glaciers. Repères IREM, 2018, 112, pp.5-19. hal-01619788v2

**HAL Id: hal-01619788**

**<https://inria.hal.science/hal-01619788v2>**

Submitted on 11 Dec 2018

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Exemple d'EPI au collège : l'évolution des glaciers

*Stéphanie Denyspelaere (1), Maëlle Nodet (2)*

*Jérôme Charton (3), Philippe Garat (2), Frédérique Letué (2), Caroline Pès (4), Véronique Wales (5)*

*IREM de Grenoble, Groupe EPI*

*1 Collège du Mont des Princes, Seyssel, 74*

*2 Université Grenoble Alpes, 38*

*3 Collège André Malraux, Voreppe, 38*

*4 Collège Jovet, Aime, 73*

*5 Collège Bayard, Grenoble, 38*

## 1. Introduction : les EPI (enseignements pratiques interdisciplinaires)

Les EPI —enseignements pratiques interdisciplinaires— ont été introduits au collège à la rentrée 2016. Il s'agit d'une nouvelle source d'activités liées aux nouveaux programmes du cycle 4 : « mettre en œuvre de nouvelles façons d'apprendre et de travailler les contenus des programmes ». Ils se fondent sur une démarche de projets interdisciplinaires conduisant à des réalisations concrètes individuelles ou collectives. Les EPI s'appuient sur les disciplines et permettent une prise de conscience, par leur mise en pratique, de la transversalité des compétences du socle commun. Ils aident à donner du sens aux enseignements et à lever les barrières entre les disciplines. Ils contribuent aussi à la mise en œuvre des parcours des élèves (citoyen, avenir, éducation artistique et culturelle).

Les EPI sont inclus dans les heures disciplinaires et peuvent bénéficier d'aménagements (demi-groupe, co-animation). Il ne s'agit donc pas de projets « bonus » de réutilisation d'acquis antérieurs en situation concrète, mais bien d'apprentissages pédagogiques à part entière, comme les autres heures disciplinaires.

Chaque enseignant.e reste dans son domaine de compétences, il faut donc trouver un thème de convergence : un objet d'étude sous différents éclairages, une problématique à résoudre en développant des techniques issues de différents domaines... En sciences, et en particulier en mathématiques, la démarche d'investigation est naturellement mise en avant.

Nous avons fait le choix de ne pas être qu'un « outil » mathématique pour les autres disciplines. Dans le cadre de nos travaux, nous avons développé des activités mathématiques. Les autres disciplines pourront compléter les différents « éclairages » de l'objet d'étude ou la résolution de la « grande question ».

Nous ne présenterons ici que les développements mathématiques de cet EPI ; nous donnerons simplement des mots-clefs et pistes pour les autres disciplines.

Le projet proposé ici a été élaboré dans le cadre [groupe EPI de l'IREM de Grenoble](#), et il a été appliqué dans un collège de Haute-Savoie.

## 2. Présentation générale synthétique

### 2.1 Problématique : « Un glacier, ça avance ou ça recule ? »

Ce projet d'EPI permet de se questionner sur l'expression du langage courant « le recul des glaciers ». Les élèves peuvent s'interroger sur l'impact de l'être humain sur l'environnement mais aussi mieux cerner l'intérêt des mathématiques pour comprendre le monde et envisager son futur.

Ce projet s'insère dans deux thèmes parmi les huit imposés par le programme : « transition écologique et développement durable » - « sciences et technologie » ; il contribue aussi à deux parcours : le parcours citoyen (rôle citoyen et impact de l'être humain sur son environnement) et le parcours avenir (connaissance des métiers faisant intervenir les maths, des métiers liés aux risques en montagne).

Les activités s'inscrivent dans une démarche d'investigation autour des six compétences relevées dans le nouveau programme : chercher, modéliser, représenter, raisonner, calculer et communiquer.

Pour commencer, en étudiant des photos, des cartes, en faisant des calculs d'aire, on peut effectivement constater le recul des glaciers, autrement dit la diminution de leur surface et leur recul dans leur lit d'écoulement. Cette constatation peut également se faire en étudiant les grandeurs mises en jeu dans la formation d'un glacier et son évolution. Grâce à l'algorithmique —avec ou sans ordinateur, on peut ensuite étudier la dynamique du glacier. On peut alors comprendre que le mot « recul » est un peu ambigu, au sens où :

1. la masse de glace ne « recule » pas elle-même, ni ne remonte pas la pente, elle s'écoule toujours, elle « avance » toujours ;
2. néanmoins, la fonte est simplement supérieure aux précipitations, de sorte qu'effectivement la surface englacée diminue.

Le recul n'est donc qu'apparent.

## 2.2 Activités proposées dans cet article

Nous proposons de commencer avec une activité de découverte à travers une recherche bibliographique et sur internet. Ensuite nous proposons un travail sur les surfaces, grâce à des cartes et des photos, afin d'étudier l'évolution du glacier à travers le temps. Nous poursuivons l'étude avec un travail de lecture de graphiques et d'étude de la dépendance entre diverses grandeurs, par exemple le lien entre la température et l'altitude. Enfin deux activités liées à l'algorithmique sont envisageables, pour étudier la dynamique de l'écoulement d'un glacier : d'une part une activité débranchée, utilisant des clous mosaïques ; d'autre part une activité de programmation effective, avec divers outils de programmation possibles —tableur, Scratch, Python.

## 2.3 Les connaissances et savoir-faire mis en jeu côté maths

Les attendus en termes d'acquis pour les élèves sont ceux du programme du cycle 4 (classe de 5<sup>ème</sup>, 4<sup>ème</sup> et 3<sup>ème</sup> du collège) mis en place avec les nouveaux textes applicables à la rentrée 2016 : [http://www.education.gouv.fr/pid285/bulletin\\_officiel.html?cid\\_bo=94717](http://www.education.gouv.fr/pid285/bulletin_officiel.html?cid_bo=94717)

### Dès la 5<sup>ème</sup>

« Calculer avec des grandeurs mesurables : aire, vitesse, débit, longueur

Exemples d'activités : Utiliser un système d'informations géographiques (cadastre, plan, géoportail) pour déterminer une mesure de longueur ou d'aire. »

Notion d'aire : estimation sur un plan ou une photo, calcul d'échelles.

Vitesse de déplacement (ordre de grandeur, choix d'une unité).

Variations de grandeurs, lecture de graphiques (de type « lignes de niveaux » ou cartésien)

⇒ température en fonction de l'altitude et/ou du temps.

« Utiliser les nombres pour comparer, calculer et résoudre des problèmes. Par exemple, rencontrer diverses écritures dans des situations variées. »

Nombres relatifs : étude de deux grandeurs les mettant en jeu

⇒ température

⇒ déplacements dans des sens opposés

⇒ bilan neigeux

### A partir de la 4<sup>ème</sup> et en 3<sup>ème</sup>

« Ecrire, mettre au point (tester et corriger), exécuter un programme en réponse à un problème donné »

Algorithmique et programmation :

choix de variables, boucles, instructions, réalisation de figure

⇒ observation de l'évolution du volume de glace dans le temps ;

⇒ écriture d'un programme de calcul

« Etudier des relations entre deux grandeurs. Comprendre et Utiliser la notion de fonction »

Notion de fonction

⇒ modéliser les variations du glacier et le bilan neigeux

Modélisation

⇒ clous mosaïques/excell/scratch

« Interpréter, représenter et traiter des données »

Etude statistique de modèles météorologiques

Calculer des indicateurs de dispersion et de position

« Résoudre des problèmes de pourcentage »

Coefficient d'agrandissement ou de réduction (pourcentage modélisé par une fonction linéaire)

Sur tout le cycle

*Démarche scientifique (6 compétences : Chercher, représenter, modéliser, calculer, raisonner, communiquer)*

*Représenter l'espace, se repérer*

## 2.4 Productions possibles

La production est indispensable dans le cadre des EPI, et doit être envisagée au moment de la préparation initiale. Pour chaque activité, une grille d'observation des compétences mises en jeu propose des indicateurs de réussite.

Diverses formes de productions sont possibles. L'activité initiale de recherche peut faire l'objet d'un poster ou d'un exposé, par exemple rechercher des exemples d'évolution de glacier, choisir un objet d'étude et décrire son évolution apparente, etc. Il est également envisageable de monter une exposition : fabriquer un modèle, une vidéo, une maquette, utiliser une modélisation informatique ou autre, afin d'expliquer qu'un glacier « recule » ou pas.

Un dossier regroupant les activités enrichi d'autres recherches personnelles pourra être présenté lors de la nouvelle épreuve orale du diplôme national du brevet (DNB) dans le cadre du parcours avenir ou citoyen : les élèves sont invité.e.s à proposer leurs réflexions personnelles et d'éventuelles actions prises en lien avec le projet. La présentation peut-être individuelle ou collective, avec une conclusion personnelle, le dossier écrit demeurant individuel.

## 2.5 Sorties et interventions suggérées

Il est possible de faire intervenir dans l'établissement des glaciologues, par exemple de l'Institut des Géosciences de l'Environnement ([IGE](#)) à Grenoble (Isère) ou du [LSCE](#) en Ile de France (Essone).

Pour une journée, la visite de l'IGE ou du LSCE permet d'échanger avec des glaciologues, en savoir plus sur les glaciers, et de découvrir un laboratoire de recherche.

Une exposition itinérante est proposée par le Canopé Haute Savoie entre 2016 et 2019. Les élèves du projet peuvent alors servir de « guides » à leurs camarades.

A plus grande échelle, un séjour dans les Alpes à Chamonix-Mont Blanc offre de nombreuses activités, en particulier la visite du site du Montanvers, avec le Glaciorium et la Mer de Glace.

### 3. Description des activités

#### Activité 1: Recherche bibliographique

Compétences : Education aux médias et à l'information

Démarche scientifique : chercher, communiquer, travailler en groupe.

Durée estimée : 3h en classe + temps de rédaction du dossier à la maison

Dans cette activité, les élèves *choisissent un exemple de glacier ou calotte glacière* pour lequel des photos sont disponibles (ou des cartes, gravures, données de volume et/ou d'étendue, vidéos, etc.) à divers moments historiques. Les élèves peuvent ensuite faire sa carte d'identité (nom, lieu, caractéristiques connues, faits intéressants, ou tout autre élément jugé intéressant lors d'un échange collectif). C'est l'occasion également pour elles.eux d'apprendre à *citer les sources utilisées* et *justifier de leur validité scientifique*, et il est recommandé d'insister sur ces deux points, par exemple à l'aide de la petite fiche de questions d'accompagnement que nous offrons plus bas.

Enfin, la production est à définir avec les élèves, les possibilités de présentation des résultats sont assez variées, selon les objectifs transverses de la classe : exposé oral ou poster, numérique audio ou vidéo, autre, ... Il est aussi possible d'exploiter une grande carte de géographie afin de positionner les différents glaciers et souligner ainsi le caractère mondial de la problématique.

Afin d'aider les élèves à développer leur esprit critique sur l'origine, la qualité et la validité des informations trouvées, on peut distribuer une fiche de questionnement « Education aux Médias et à l'Information » du type :

Vous venez de trouver une information sur un site web.  
Voici les questions à se poser au sujet du site et/ou des auteur.e.s du site web, pour garantir une certaine authenticité :

Qui suis-je ? Organisme d'Etat, ONG, association, organisme privé ...

Qu'ai-je déjà publié ? Autres articles, vidéos, ...

Quelle est mon influence dans les médias ? Suis-je connu.e ?

M'as-tu trouvé.e facilement ? Avec quel moteur de recherche ? Quelle est ma position dans les réponses ? Pourquoi selon toi ?

Est-ce que je propose des liens vers d'autres sites ?

Grâce à l'observation de plusieurs glaciers, les élèves abordent le questionnement de ce projet et s'approprient le vocabulaire utilisé par les glaciologues.

#### Activité 2 : Travail sur les cartes et surfaces

Compétences : chercher, représenter, calculer.

Durée estimée : 3 à 4h.

Cette activité est introduite par une vidéo qui présente le recul de la Mer de Glace et les effets du changement climatique : <https://www.youtube.com/watch?v=0Y9nMcT536o>. Cette vidéo permet d'introduire la problématique de cette activité, qui est de mettre en œuvre des outils mathématiques pour observer, mesurer et décrire les différentes caractéristiques de ce recul : on aborde la phase de modélisation.

La première étape de ce travail consiste à réunir des cartes et/ou des photos d'un même glacier. Une liste de ressources possibles pour obtenir de telles cartes et photos est disponible plus bas. Avec ces cartes ou photos, on peut considérer différentes grandeurs pour quantifier le recul du glacier : sa longueur totale, la distance à un point donné immobile, son aire. Ces calculs nécessitent l'utilisation de l'échelle de la carte ou photo et soulignent l'importance des unités utilisées. Chaque groupe décide de l'étude d'une grandeur. Un débat sera organisé pour confronter les choix et les conclusions de chacun.

- Pour la longueur totale, il conviendra de bien « définir » cette notion car un glacier est souvent alimenté par d'autres en amont. La notion de front de glacier et de la naissance sont à souligner.
- Pour le calcul d'aire, les élèves peuvent être laissé.e.s libres dans le choix de la méthode de calcul :
  - o par pavage : les élèves utilisent un quadrillage régulier de la carte puis font ensuite du dénombrement des cases pleines et une approximation pour les cases incomplètes ; certains élèves choisissent parfois un maillage irrégulier à base de triangles, ou de rectangles non alignés sur une grille régulière ;
  - o à l'aide d'un outil numérique : le site IGN permet de trouver directement l'aire d'une surface au préalable délimitée par une ligne polygonale fermée ;
  - o par pesée : on peut amener la réflexion sur le lien de proportionnalité entre l'aire d'un morceau de carton et son poids, et ainsi aboutir à une méthode où l'on pèse un morceau de référence (par exemple un carré ou un rectangle dont l'aire est connue) et où l'on utilise la proportionnalité pour obtenir l'aire de n'importe quelle surface par pesée.

On peut aussi en profiter pour discuter la notion d'ordre de grandeur, d'approximation d'une aire ou d'une distance, de précision d'une mesure.

Ces différentes méthodes de calcul d'aire ont été introduites les années précédentes et peuvent être ainsi réactivées ou approfondies.

- On peut également calculer des vitesses d'évolution et/ou de déplacement, après avoir réfléchi et discuté sur le choix d'une unité judicieuse.

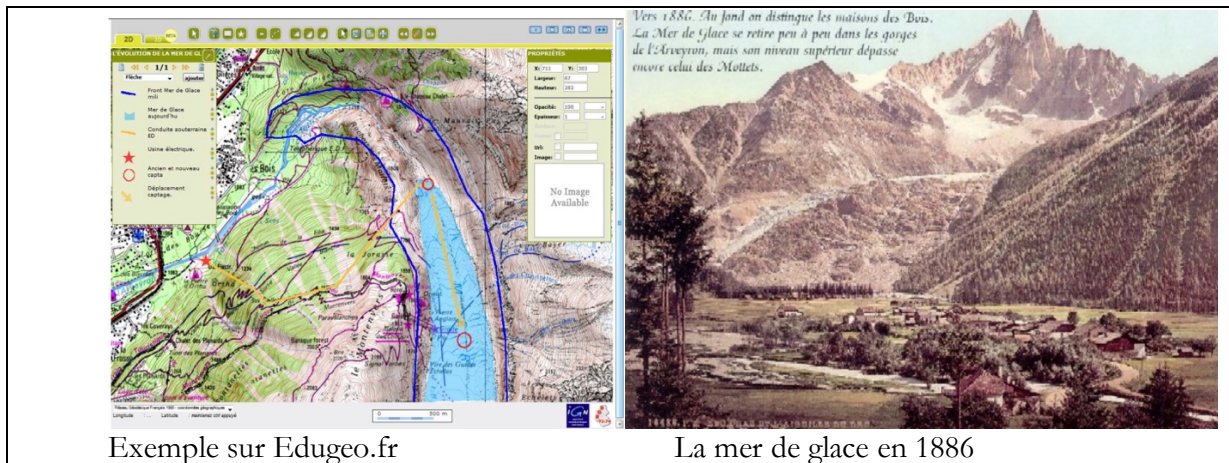
Dans tous les cas, il est important de disposer au final d'un jeu de plusieurs mesures à des instants différents (que ce soit une distance ou une aire) qui permettent de mettre en évidence l'évolution (a priori le « recul ») du glacier au cours du temps.

Dans un deuxième temps, ces mesures peuvent ensuite être exploitées de différentes manières. La description de l'évolution en fonction de l'échelle du temps peut se faire avec un tableur et diverses représentations graphiques. Un schéma pour chaque groupe résumant les mesures permettra de lancer à nouveau un débat sur l'évolution. Une réflexion sur le choix de la représentation la plus adaptée peut être engagée.

Liste de quelques ressources possibles pour trouver des cartes et des photos :

- Le recul de la mer de glace, site d'histoire et géographie de l'académie de Dijon : <http://histoire-geographie.ac-dijon.fr/spip.php?article541>
- Site de ressources cartographiques émanant de l'IGN, qui donne accès à des cartes IGN de la mer de glace, avec leur historique (accès via les couches des cartes, carte d'état-major du milieu du XIXème siècle : <https://www.edugeo.fr/>
- Site proposant des images comparées de la mer de glace : [http://www.glaciers-climat.fr/Mer de glace/La Mer de glace.html](http://www.glaciers-climat.fr/Mer_de_glace/La_Mer_de_glace.html)





### Activité 3 : Travail sur les graphiques

Compétences : représenter, calculer, communiquer, raisonner.

Durée estimée : 2h, sans compter, en amont, une petite préparation à la maison.

L'exploitation des activités précédentes a mis en valeur qu'un glacier « se nourrit » de neige. La plupart des glaciers choisis par les élèves et existant sur la planète sont des glaciers « alpins » : ce sont des glaciers de montagne. Leur enneigement, tout comme leur fonte, dépend de la température. La température dépend à la fois de la météo locale, de l'altitude de la surface du glacier (et en toute rigueur de la latitude du glacier).

On propose donc aux élèves d'étudier la dépendance entre les grandeurs « température » et « altitude » et d'aborder la notion de cumul neigeux, en deux étapes que nous détaillons ci-dessous.

Tout d'abord, les élèves se questionnent sur l'influence du Soleil sur la température quand on monte en altitude. Un travail sur les écritures scientifiques est nécessaire en amont ou synchrone avec cette activité. Ensuite, les élèves sont amené.e.s à calculer les températures à différentes altitudes grâce à un programme de calcul (fonction affine) et à représenter les valeurs obtenues sur un graphique. Le choix des unités pourra faire l'objet d'une discussion pédagogique. L'observation du graphique permet le constat de la proportionnalité des accroissements et la mise en valeur du coefficient directeur.

En lien avec ce premier travail, le site de météo France (<http://www.meteofrance.fr/prevoir-le-temps/observer-le-temps/parametres-observe/temperature> ou encore <http://education.meteofrance.fr/ressources-pour-les-enseignants/observer-et-mesurer/la-temperature1>) propose des explications sur la grandeur « température », des ressources sur les différentes unités et les conversions, la notion de température ressentie et les variations avec l'altitude.

L'article Vincent et al. (L'évolution des glaciers alpins et les risques d'origine glaciaire, La Météorologie 2012), outre son contenu intéressant, propose un graphique exploitable en classe, à savoir la température à l'intérieur du glacier en coupe, ainsi que deux jeux de courbes intéressantes



(évolution du bilan de masse et de la longueur des glaciers de chamonix depuis 1900). Nous donnons ci-après deux autres exemples de graphiques exploités en classe.

### Activité sur les graphiques

#### Température et altitude (collection DELTA Belin, nouveaux programmes, cycle 4)

La température varie notamment en fonction de l'altitude.

Pour des altitudes inférieures à 12 000 mètres, la température diminue de 6,5°C tous les 1000 mètres. Voici une discussion entre deux élèves :

Alizée : « C'est étonnant ! La température diminue alors que l'on se rapproche du Soleil ! »

Manon : « Mais faire 10 km vers le Soleil, c'est comme si on avançait d'un millimètre vers une lampe située à 15 km ! »

1. Sachant que le Soleil est à environ 150 millions de kilomètres de la Terre, la comparaison de Manon est-elle exacte ?
2. On suppose que la température de l'air au sol est de 15°C, calculer la température dans les cas suivants :
  - a. Au départ d'un saut en parachute à 1500m
  - b. A l'extérieur d'un avion de tourisme à 2000m
  - c. Au sommet du Mont Blanc à 4810m
  - d. Au niveau du capteur placé sur un vautour de Rüppel volant à 10 000m
  - e. A l'extérieur d'un avion de ligne à 12 000m

Tracer sur une feuille de papier millimétré (en choisissant les graduations les plus adaptées pour chaque axe) la **courbe** donnant l'évolution de la température en fonction de l'altitude.

3. En déduire l'altitude approximative à laquelle la température est de 0°C.
4. [Extension possible] Rechercher comment varie la température au-delà de 12 000 mètres d'altitude.

*Commentaire : La modélisation proposée dans cet exercice n'est valable que pour une altitude inférieure à 12 000 mètres.*

#### Evaluation

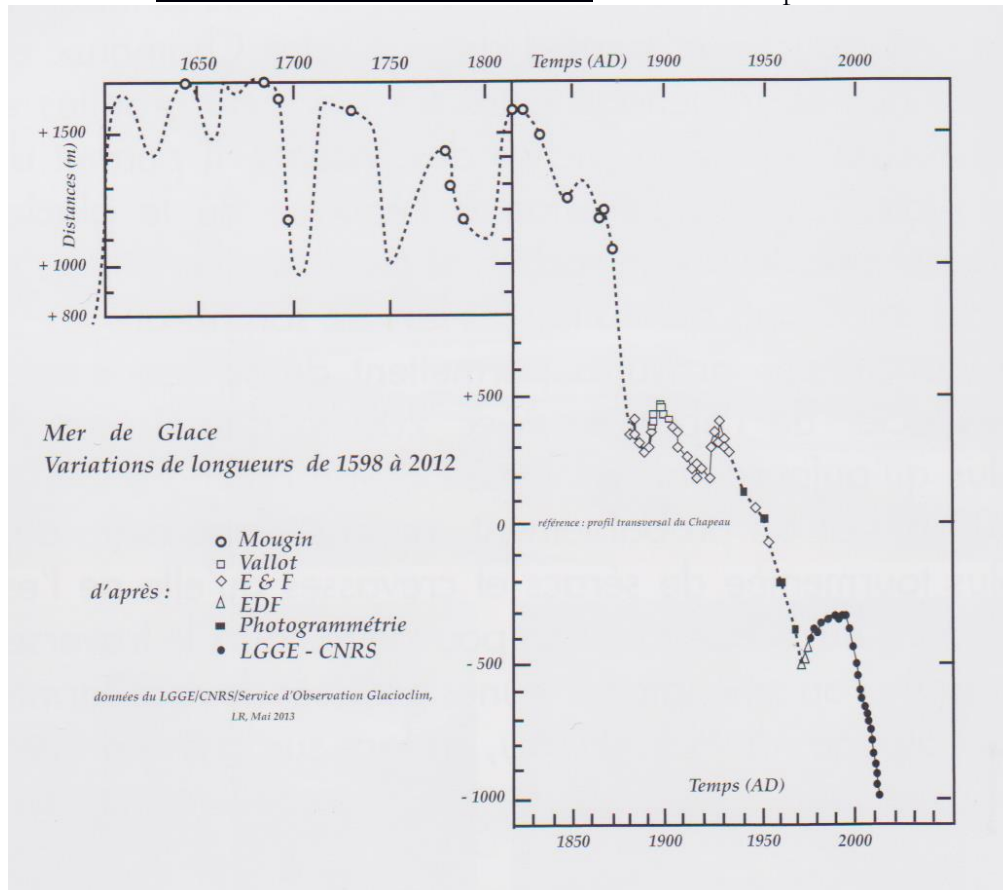
|             |   |   |
|-------------|---|---|
| Représenter | Utiliser, produire et mettre en relation des situations spatiales | Etude de graphiques                                 |
| Calculer    | Calcul posé ou instrumenté  | Utilisation de la formule liant la t° et l'altitude |
| Communiquer | Produire des graphiques   | Tracer la courbe associée                           |

## Exemple de travail graphique 1 : Evolution de la longueur d'un glacier

Compétences : Démarche scientifique : Représenter (modéliser), Calculer  
Travailler en groupe.

Durée estimée : 2h.

Extrait du livre Dans les secrets de la mer de Glace Edition Esopé Chamonix



- 1) Ce graphique a été obtenu d'après différentes sources. Les relever et trouver à quoi elles font référence.
- 2) Faire un tableau en relevant les coordonnées de chaque point de cette courbe avec un maximum de précision permise par les graduations.
- 3) Calculer la longueur moyenne pour chaque siècle (XVII<sup>ème</sup>, XVIII<sup>ème</sup>, XIX<sup>ème</sup> et XX<sup>ème</sup>)
- 4) Calculer le pourcentage d'évolution entre chaque longueur moyenne
- 5) Interpréter l'évolution de la grandeur « Longueur du glacier »

### Evaluation

|           |   |                          |
|-----------|---|--------------------------|
| Modéliser | Traduire en langage mathématique à l'aide d'outils statistiques | Etude de graphiques      |
| Calculer  | Calcul posé ou instrumenté                                      | Pourcentages d'évolution |

## Exemple de travail graphique 2 : Cumul de neige

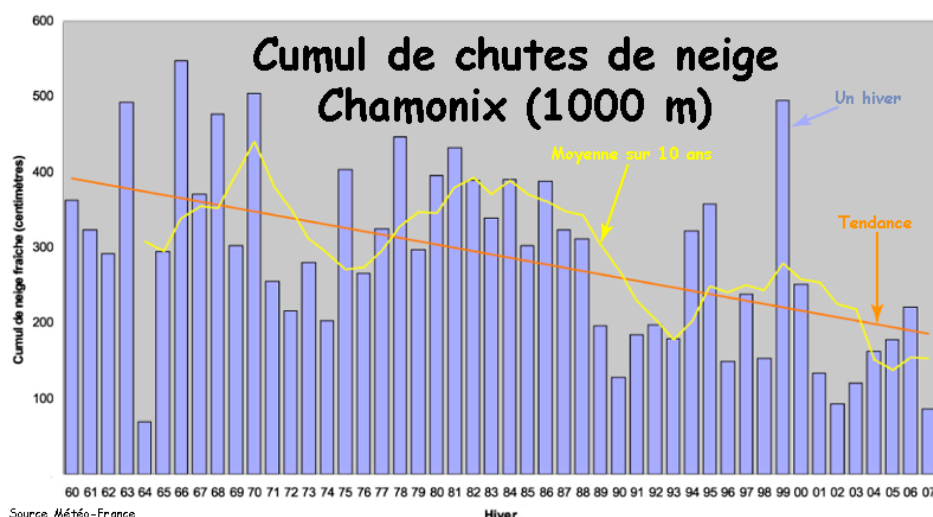
Compétences : Démarche scientifique : Représenter (modéliser), Calculer  
Travailler en groupe.

Durée estimée : 2h. Les questions 1 à 3 peuvent être données à préparer à la maison.

Ensuite, nous proposons aux élèves un premier regard scientifique sur la Mer de Glace. Un diagramme en bâtons (source Météo France) réunissant les cumuls de chute de neige à Chamonix de 1960 à 2007 met en évidence la diminution de ce cumul. Plusieurs types de calculs peuvent être alors proposés (moyenne, médiane, calculs de % de réduction) et mettre en valeur l'intérêt d'une interprétation statistique en météorologie.

Pour commencer, on demande aux élèves une exploitation du graphique avec un questionnaire et une étude de la moyenne. Dans un deuxième temps, les élèves sont disposés îlots. Chaque groupe doit formuler une hypothèse sur l'évolution du cumul de neige à Chamonix durant ses 47 ans.

Ensuite, ils doivent choisir au moins deux indicateurs statistiques parmi ceux étudiés en classe (médiane, quartile, écart type), faire les calculs associés et proposer une interprétation confirmant ou non leur hypothèse. Une présentation par affiche au format A3 est demandée ainsi qu'une petite présentation précédant un débat en classe complète.



- 1) Que représente une barre verticale ? Que représente la courbe jaune ?
- 2) Faire un tableau en relevant les cumuls de neige fraîche (en cm) en fonction du temps avec un maximum de précision permise par les graduations.
- 3) Calculer le cumul moyen pour chaque décennie depuis 1960.
- 4) Calculer le pourcentage d'évolution entre chaque cumul moyen
- 5) Interpréter l'évolution de la grandeur « Cumul de neige fraîche » en fonction du temps

### Evaluation :

|          |                                    |   |
|----------|------------------------------------|---|
| Chercher | Comprendre et extraire des données | Tableau reliant deux grandeurs                        |
| Calculer | Calcul instrumenté                 | Moyenne, médiane, quartiles, écart type, pourcentages |

|           |   |   |
|-----------|---|---|
| Modéliser | Traduire en langage mathématique à l'aide d'outils statistiques | Etude de graphiques<br>Etude d'indicateurs statistiques |
|-----------|---|---|

## Activité 4 : Algorithmique débranchée

Objectifs : modéliser, raisonner, calculer.

Matériel : clous mosaïques pour la modélisation de l'évolution du glacier

Durée : 2 à 3h.

Pour introduire cette activité, les élèves visionnent une vidéo, par exemple :

- a. La Mer de Glace <https://www.youtube.com/watch?v=0Y9nMcT536o>
- b. C'est pas sorcier : émission du 23 mai 2013 « recul des glaciers » à la Mer de Glace <https://www.youtube.com/watch?v=7Oymnk-hPk0>
- c. Le futur des glaciers (Guillaume Juvet) <https://www.youtube.com/watch?v=mJ3dLrVreOY>

Il reste alors à dégager avec les élèves les notions suivantes :

- bilan de masse : différence entre la quantité de neige qui tombe (accumulation de glace) et celle qui fond (ablation de glace), cf par exemple la 2<sup>ème</sup> vidéo ;
- écoulement de la glace sous son propre poids (comme un tas de sable ou une rivière) [modélisation à l'aide de Flubber<sup>1</sup> possible en sciences physiques].

La notion de bilan de masse met clairement en évidence l'influence de la température et donc de l'altitude : dans certaines zones (froides) l'accumulation est prépondérante et le bilan est positif, dans d'autres (chaudes) l'ablation domine et le bilan est négatif, entre les deux on peut mettre un bilan nul.

Enfin, la mise en œuvre algorithmique se fait en trois étapes :

- écriture d'un algorithme à la main pour modéliser les actions à effectuer à chaque instant (1- bilan de glace variable selon l'altitude, 2- écoulement de la glace sous son poids) ;
- mise en œuvre avec le plateau clous mosaïques après avoir préparé la topographie du socle rocheux ;
- appropriation par les élèves : essais et erreurs selon les choix de socle, d'exécution de l'algorithme, ... Un cahier de bord de l'expérimentation est utile pour améliorer le modèle et penser à le confronter à la situation réelle.

Pour les élèves perdu.e.s, on peut proposer une prise en main avec des indications plus précises sur la mise en œuvre de l'algorithme.

---

<sup>1</sup> Pâte visqueuse Flubber, coulante et gluante, nombreuses recettes disponibles en ligne.

La production finale peut prendre la forme d'un diaporama réalisé à partir de photos prises à chaque instant et/ou chaque étape de l'algorithme, ou bien faire un film de l'évolution du glacier.

Les élèves exploitent leurs capacités de montage, présentation, créativité, etc.

#### Algorithme de la dynamique du glacier

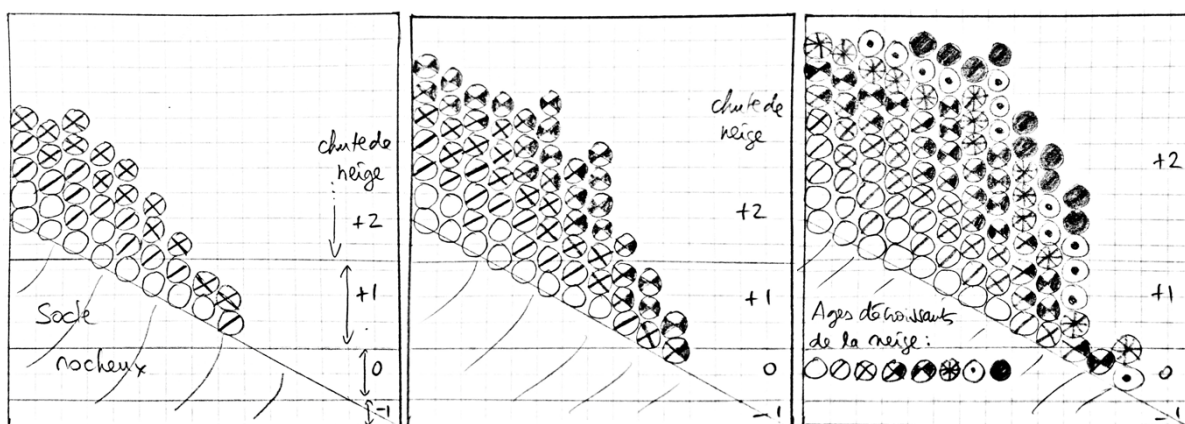
- Initialisations du glacier et des paramètres

- Evolution au cours du temps, boucle temporelle :

- 1ère étape : la glace s'écoule sous son poids : la glace chute (se déplace) d'autant plus que la pente de la surface est grande. Pour cela on fait une boucle en espace, et on compare la hauteur de glace en chaque latitude avec les hauteurs voisines, et on déplace la glace en quantité proportionnelle à l'écart des hauteurs, en allant du plus haut vers le plus bas.

- 2ème étape : il neige (côté pôle) et ça fond (côté équateur), on ajoute et on enlève de la glace en chaque point selon sa latitude (éventuellement aussi selon son altitude)

- 3ème étape : on remet à zéro les hauteurs de neige négatives !



Evolution du glacier avec les clous mosaïques (dessinés pour une meilleure représentation en noir et blanc), vue d'une coupe latérale. Le socle rocheux est hachuré en bas. Les cercles représentent les clous qui modélise la neige qui s'accumule et coule. On change de couleur à chaque nouvelle chute de neige, ce qui permet de visualiser les différents âges de la neige. Figure de gauche : temps 3 ; figure du milieu, temps 5 ; à droite temps 7.

## Activité 4 bis : Programmation

Compétences : raisonner, modéliser, communiquer

Etre autonome et s'engager dans un projet

Outils : tableur à la main, Scratch, code Python.

Pour les élèves les plus débrouillard.e.s, on peut prolonger l'expérience par une programmation effective. L'outil Scratch introduit par les nouveaux programmes du collège permet une première modélisation. D'autres langages connus par certain.e.s élèves peuvent aussi être utilisés. Cela viendra compléter les diaporamas ou les films.

## 4. Quelques pistes pour les autres disciplines

### 4.1 Retour sur expérience

Pour cette année, le projet a été mené en classe de troisième au collège de Seyssel (Haute-Savoie) en partenariat avec l'EPS et les sciences physiques. Le projet est mis en œuvre dès le début d'année par les activités 1 et 2. Une première sortie mi-novembre a été organisée au laboratoire de Glaciologie de Grenoble. Les élèves sont confrontés à la problématique du projet, participent à une conférence sur les enjeux liés à l'étude des glaciers sur la planète et peuvent observer les laboratoires, les matériels, échanger avec les chercheurs. Pendant le second trimestre, l'étude de l'évolution d'un glacier devient plus concrète avec la suite des activités. Enfin, une sortie à la Mer de Glace a été organisée en fin d'année spécialement dans le cadre de cet EPI.

En plus du côté scientifique du projet, dans leur programme, les élèves doivent développer la compétence « réussir un déplacement planifié dans un milieu naturel » :

- Activité d'orientation : un travail préalable exploitera une carte IGN sur la Mer de Glace qui aura déjà été introduite lors de l'étude du glacier. En mathématiques, on introduit les lignes de niveaux, des calculs de dénivelés, les coordonnées GPS et comment se repérer sur la Terre.
- Activité escalade : assurer son partenaire, évoluer et sauver en milieu glaciaire

La sortie à la Mer de Glace a eu lieu début juillet. Le choix de la tenue s'est avéré difficile et les professeurs ont dû intervenir pour que les élèves ne laissent pas leur veste dans le car car il faisait chaud dans Chamonix ce jour là (lien avec l'activité « température / altitude »). Une check list avait été préparée en cours d'EPS pour les essentiels (chaussures, casquettes, veste, eau).

Un professeur de physique s'est joint au groupe et a pu exploiter des données concrètes comme le paquet de chips qui se gonfle (pression / altitude), la bouteille d'eau qui se déforme (idem). Il a aussi montré l'intérêt des couvertures de survie en aluminium (chaleur).

### 4.2 Pistes proposées pour chaque discipline

#### Éducation physique et sportive

Activité d'orientation : réussir un déplacement planifié dans un milieu naturel.  
Activité escalade : évoluer en groupe dans un milieu hostile.

## Français

En 5ème : thème l'être humain est-il maître de la nature ?

Le voyage et l'aventure : « découvrir des récits d'aventures, fictifs ou non, et des textes célébrant les voyages »

En 3ème : thème récits de résistant.e.s qui ont fait passer clandestinement des personnes et des denrées par la Mer de Glace en Italie

Sur tout le cycle : témoignages photographiques sur l'évolution des paysages ; exploration des pôles et conquêtes des grands sommets ; grandes découvertes.

Bibliographie : Ecrins fatals de P. Charmoz,

Premier de cordée, R. Frison Roche

Chateaubriand, Voyage au Mont Blanc,

Victor Hugo (1831) Revue des 2 mondes...

Écrits de James Cook sur la conquête de l'Antarctique

## Histoire géographie :

En 5ème : thème 3 géo : prévenir les risques, s'adapter au changement global

Etude des effets du changement climatique sur les glaciers

En 3ème : thème 1 géo : dynamiques des territoires de la France contemporaine

Étude des espaces à faible densité (transformation des paysages, espaces entre exploitation et conservation dans le cadre des parcs naturels régionaux ou nationaux)

Étude de cartes à différentes échelles, réalisation de croquis

Étude de l'environnement régional proche

En histoire : les grandes découvertes techniques du début du XXe siècle liées à la montagne (les téléphériques, l'optique ...) Les enjeux de la conquête des grands sommets pendant et entre les deux guerres (Mont Blanc, Mont Cervin, Anapurna ...), cf français.

## Sciences Physiques

Différents états de l'eau, les changements d'états

Paléoclimatologie :

- ☐ étude des climats dans l'histoire de la planète à l'aide de carottes de glaces
- ☐ modélisation du déplacement d'un glacier

Notion de vitesse



## Sciences de la vie et de la Terre

Evolution du climat et études de quelques phénomènes météorologiques et climatiques.  
Météorologie, dynamique des masses d'eau et d'air, vents et courants.  
Changements climatiques passés (temps géologiques) et actuel.

## Technologie

Utiliser une modélisation et simuler le comportement d'un objet et de systèmes techniques =  
Activité expérimentale : notions d'écarts entre les attentes fixées par le cahier des charges et les résultats de la simulation.

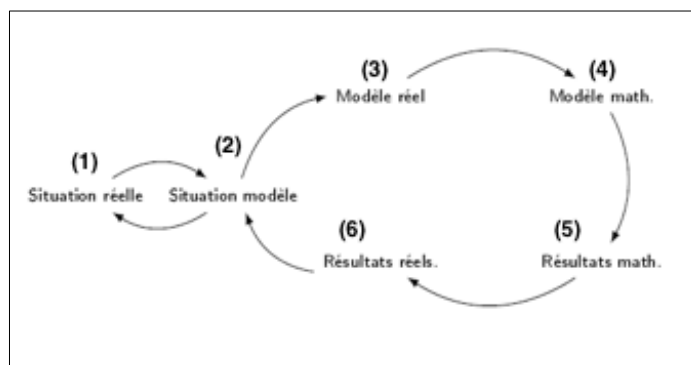
## Arts plastiques

Trois questionnements :

- la représentation : image, réalité ou fiction ;
- la matérialité de l'œuvre : l'objet et l'œuvre ;
- l'œuvre, l'espace, l'auteur.e et la.le spectateur.rice.

## 4.3 Adaptation pour un projet au lycée

Ce projet pourrait être décliné en un projet de MPS (méthodes et pratiques scientifiques) proposé en classe de seconde. En particulier, la progression du projet peut être mise en correspondance avec le schéma de modélisation de Blum et Leiss.



- (1) Observation de plusieurs glaciers sur la planète  
Questionnement : Comment évoluent-ils ? Comment les étudier ?
- (2) Mise en valeur d'éléments caractéristiques et de leur relation de dépendance
- (3) Etude de deux éléments : relation température/altitude, bilan neigeux
- (4) Modélisation à l'aide d'une fonction affine et à l'aide d'un algorithme
- (5) Constat de l'évolution
- (6) Validation du modèle

# Conclusion

Ce projet est encore en cours d'expérimentation. L'investissement des élèves et leurs idées le nourrissent chaque jour. C'est une occasion de leur faire ouvrir les yeux sur notre monde et notre impact en tant qu'être humain mais aussi de leur montrer leurs capacités et leurs compétences confrontées à une problématique actuelle. Chacun.e contribue au projet à sa mesure et développe son autonomie et sa réflexion. Ce projet leur fait aussi percevoir le rôle des scientifiques, et en particulier celui des mathématicien.ne.s, dans la compréhension et la protection de notre environnement grâce aux rencontres avec les professionnel.le.s.

Nos ressources sont librement téléchargeables sur la page de l'IREM de Grenoble, à l'adresse <http://www-irem.ujf-grenoble.fr/spip/spip.php?rubrique146>.